

DR. SZÓKEFALVI—NAGY ZOLTÁN tanszékvezető főiskolai docens:

A VEGYI VONZÁS MAGYARÁZATÁNAK FEJLŐDÉSE

A kémia egyik legrégebb, legérdekesebb, s egyben legrejtélyesebb kérdése, milyen okok játszanak közbe akkor, amikor két anyag egymással vegyül. A kérdés megválaszolását az a megfigyelés tette mindig nehezzé, hogy nem akármilyen két anyag között játszódik le reakció, s nem is bármilyen körülmények között.

Már a legrégebb időkben is megkísérelték a probléma megoldását, ugyanakkor viszont még az a válasz sem tisztáz minden részletet teljesen kielégítően, amit a vegyi vonzás magyarázataként a legmodernebb tudomány ad.

A vegyi vonzás magyarázata a kémia története folyamán több jellegzetes fejlődési fokozaton ment keresztül. A tudománytörténeti munkák e kérdésekkel, kiemelten újabban nem foglalkoznak, hanem egyes kutatók működésének ismertetése közben szólnak azok felfogásáról e kérdéssel kapcsolatban, nem vizsgálják azonban, hogyan fejlődött egyik nézet a másikkól, milyen kísérleti tények alapján, milyen megfontolások szerint jutott tovább és tovább a vegyi vonzás magyarázata. Egy ilyen szempontú monográfia pedig igen tanulságosan mutatná az elméleti kémia egyik legfontosabb kérdésének történeti áttekintését.

E tanulmány nem kívánja azt a célt kitűzni maga elé, hogy pótolja a hiányt, hanem csak a probléma rövid áttekintésével mintegy előzetes vázlatot nyújtana egy részletes monográfiához.

Mindazokat az írásműveket, amelyek akár központi kérdésként, akár pedig mellékesen tárgyalták a vegyi vonzás valamilyen fajta magyarázatát, még egy részletes monográfia sem dolgozhatja fel, még kevésbé lehet ez ennek a vázlatos áttekintésnek feladata. Nem törekedhettem tehát a teljességre, csak néhány legjellemzőbb mozzanatra szeretnék a következőkben rámutatni.

Az elmondottak dokumentálására, ahol erre lehetőség nyílt, viszonylagos súlyuknál nagyobb mértékben hivatkozom hazai vonatkozású adatokra, minthogy ezzel a tudománytörténet kettős adósságát igyekszem törleszteni: a probléma kiemelt áttekintésén kívül szemléltetem e kérdés hazai visszhangját, a hazai tudományos nézetek fejlődését.

A vegyi vonzás magyarázata történetében periodizációt végrehajtani nem lehet, minthogy az egyes elméletek sok esetben egymással párhuzamosan is élnek, s éreztetik hatásukat. Nem mindig lehet az egyes

elméleteket aszerint sem csoportosítani, hogy haladó vagy pedig nem haladó jellegűek-e, minthogy ugyanaz a válasz különböző időkben az idealista és a materialista felfogások örök harcában esetleg nem mindig ugyanannak az oldalnak erősítését szolgálták. Általában az elméletek kezdetben haladók, előreviszik a természet megismerését, később azonban, amikor a kísérleti adatok új betekintést engednek a természet titkaiba a régi elméletek a kísérleti tények értelmezését sokszor csak gátolják.

A következőkben a vegyi vonzás magyarázatára adott válaszok legfontosabb típusait mutatom be, lehetőség szerint fejlődésük sorrendjében.

1. Szeretet és gyűlölet

Nem nyomozható a legvégsőig annak az elméletnek az eredete, amelyet mi *Empedoklesz* megfogalmazásában ismerünk, de amely minden valószínűség szerint egyidős magával a kémiával, a kémiai változások megfigyelésével, ami viszont mondhatni egyidős az emberi gondolkodás kialakulásával. Megfigyelték ugyanis, hogy az anyagok közül egyesek vegyülnek egymással, mások pedig nem (pl. a fa elég, a kő nem ég el).

Empedoklesz szerint az anyagok (elemek) kapcsolódását két velük született erő, a szeretet és a gyűlölet irányítja. Ennek a megállapításnak rendkívül nagy érdeme, hogy a vonzás és taszítás dialektikájára irányította a figyelmet, ugyanakkor viszont meg sem kísérelte azt, hogy magyarázni próbálja a szeretet és a gyűlölet okát.

A vegyi vonzásnak ez a legősibb, legegyszerűbb magyarázata mindmáig él, s még ma is mindazok, akik nem kívánnak a jelenségek mélyebb okai-ig eljutni, *Empedoklesz* kifejezéseit is ismétlik.

Glauber azt írja 1649-ben, hogy a savak azért oldják a fémeket, mert „nagyon szeretik azokat, s azok által is szeretve vannak” [39].

Reviczky Antal egészen hasonló értelemben beszél még 1758-ban is a kémiai jelenségek alapokairól, szólva a szimpátiáról és antipátiáról [7].

A szeretet és gyűlölet elmélete kiindulópont minden későbbi olyan elmélet számára, amely nemcsak nevet akart adni a megfigyelt jelenségnek, hanem magyarázatot is kerestek annak okára vonatkozóan.

2. Misztikus magyarázatok

Azt, hogy a kémiát és az alkémiát sokáig „fekete tudomány”-nak a rejtélyek rejtélyének tartották, elsősorban annak tulajdoníthatjuk, hogy semmilyen materiális okát nem tudták sokáig adni az anyagok vegyi változásait irányító erőnek. A vallások kialakulásához nagyon hasonló folyamat eredményeként alakult ki a kémiai változásokkal kapcsolatban olyan nézet, hogy az anyagok átalakulásának végső okát a szellemek világában kell keresni.

Az, hogy az egyiptomiaknál olyan szorosan kapcsolódott a kémia

és a vallás, hogy a kémiával foglalkozás a papok hivatali joga és privilegiuma volt, s a kémia titkait a vallás titkaihoz hasonló gonddal őrizték meg maguknak, az előbbiekből könnyen érthető.

A későbbiekben is igen hosszú ideig megtalálható a vegyi vonzás materialista értelmezése mellett az idealista felfogás is. Az alkémia kapcsolata a misztikummal közismert. Az alkémia és a hivatalos egyházi tanítás kapcsolata már nem volt az ókorban és a középkorban olyan elszakíthatatlan, mint volt az egyiptomiaknál, idealista felfogásuk egyezősége azonban nyilvánvaló.

Ismeretes, hogy a szebeni születésű, magát *Melchior* Miklósnak nevező hazai alkémista (amely név mögött sokan Oláh Miklós XV. századi esztergomi érseket sejtik) világhírűvé vált alkémiai művét mise alakjában írta meg. A kémiai műveleteket kísérő imák és másféle babonás szokások hazai nyomaira vonatkozóan sok érdekes adatot ismertet *Szathmáry* Lászlónak a magyar alkémistákról szóló kiváló tudománytörténeti műve (1926).

3. A csillagok állása

A vegyi vonzás magyarázatának bizonyos mértékben materialistább fokát mutatja az a, főleg a középkorban virágzott felfogás, hogy a vegyi változások okát nem a szellemek világában kell keresni, ugyanakkor viszont nem is lehet azokat földi erőkkel magyarázni, s különösen a nehezebben végbemenő, magasabbrendű reakciók (mint például a fémeknek arannyá való átalakulása) a csillagok megfelelő állásától befolyásolva jöhetnek csak létre.

Az alkémia és a csillagjóslás összefonódása sok alkémista műből kiviláglik. Egy magát *Suburbanumnak* nevező szerző szerint például „minden természeti keveredés a nap és holdsugarak összeesése által áll elő” [5].

Maga *Paracelsus* is hitt ebben az elméletben. Egyik könyvében [3] részletes táblázatot közöl arról, hogy milyen csillagállások segítik, s melyek akadályozzák a reakciók sikeres végbemetelét.

A szász király udvari alkémistája, *Poppius* könyvében részletesen leírja, hogy higany arannyá akkor alakul át, amikor a Nap és a Merkúr együttállásban vannak, és pedig úgy, hogy a Merkúr a Napon túl helyezkedjen el [4].

Még a XVIII. században is találkozunk ennek az elméletnek jeleivel. *Reviczky* Antal, a már említett nagyszombati tanár írja, hogy „a vonzó hatás okát a régi peripatetikusok okkult sajátságának tartották, most az újabbaknál a Napból kisugárzó anyagokkal megismétlődve látjuk” [7].

A kozmikus hatások kémiai vonatkozásait ma már senki sem tartja uralkodó jellegűnek, de hatástalanságukat sem lehet mindenben tagadni.

4. Mechanikus magyarázatok

Az ókornak az anyagi változások okára adott legmaterialistább feleletet a görög atomisták szolgáltatták számunkra. Szerintük az *atomok mozgása* közben létrejövő tömörülés, egyesülés és szétválás ad mindenre magyarázatot.

Lucretius Carus tankölteményében *Demokritosz* és *Epikurosz* véleményét ismerteti, tehát teljesen mechanikai okot tételez fel minden változás alapjául. Egészen elrejtetten, mindössze másfél sorban találunk utalást arra, hogy a vegyülést nem lehet ezzel a magyarázattal teljesen megindokolni. Ezt írja ugyanis:

„Még se szabad föltennünk azt, hogy a lételemek közt bármi akár-mivel is keveredhet...” [1].

Az atomok kapcsolódásának ilyen, tehát teljesen *mechanikus materialista* felfogása a későbbiekben is megtalálható, azonban lényegesen változott formában. Jellemző azonban ezekre az elméletekre, hogy egyszerű, a fizikából ismert alapon kívánták a vegyi vonzás összetett jellegű jelenségét megmagyarázni.

Az atomisták próbálkozása, hogy az anyagok fizikai és kémiai sajátosságait az *atomok feltételezett alakjával* magyarázzák, kétezer évig tartott. Az egyik legelső magyarnyelvű természettudományos ismeretterjesztő munka, *Sartori Bernard* műve még 1772-ben is ezt írja: „a' viznek részetskéi mind egyenesek, az olajnak részetskéi ellenben ágosak, 's e' miatt erősebben ragadnak a' testhez”.

Jellegzetesen mechanikus materialista elképzelése a vegyi vonzásnak az, amely a *Newton* által felfedezett *tömegvonzással* azonosította azt. Már *Newton* is ilyenféleképpen gondolkodott. Szerinte „amennyiben a savakban oldott fémek magukhoz vonzanak egy csekély savmennyiséget, annyiban vonzóerejük is elhathat csekély távolságra tőlük [41].

Newton követői túltettek mesterükön, s a kétféle jelenséget helyenként egészen azonos okokra visszavezethetőnek tartották. *Horváth János*, aki a XVIII. század végén a hazai gimnáziumok számára több fizika-tankönyvet írt, hasonlóképpen vélekedik [12].

A pozsonyi akadémia akkori tanára, *Pankl Mátyás* nem egyenlősíti a természetben található különböző vonzás-fajtákat, de nem is érzi a közöttük levő igen nagy különbségeket. Szerinte: „A vonzásnak három fokozatát lehet megkülönböztetni: 1. Ha egy test csak külsőleg vonzódik a másikhoz, mint a víz az üveghez. 2. Ha az egyik test a másikat áthatja... ilyen kapcsolatban van a víz a szivacs pórusaiban. 3. Ha az egyik testnek a részetskéi a másiknak a részetskéivel belsőleg egyesülnek, ilyen módon egyesül a víz a sókkal. Az első két vonzást mechanikai affinitásnak, vagy aggregációnak szokás nevezni, az utolsót kémiaiának” [16].

A vegyi vonzás mechanikus értelmezése általában csak a fizikusok, a kémia gyakorlatával nem foglalkozók között volt elterjedt, a gyakorló vegyészek tisztábban láthatták, hogy a vegyi vonzás sokkal komplikáltabb, nehezebben értelmezhető jelenség. Ennek ellenére a vegyészek között is voltak olyanok, akik megkísérelték az észlelt tényeket és a mechanikus magyarázatokat összhangba hozni. Még a XIX. század végén is volt olyan spanyol kémikus-professzor, aki haj-

landó azt hinni, „hogy a vegyülés vonzása a Newton-féle attractiónak egy különös alakja” [3].

5. Vegyi rokonság

A különböző anyagok között vegyi vonzás általánosan elfogadott szakkifejezése, a *kémiai affinitás* vagy *vegyrokonság* a vegyi vonzás magyarázatának egyik, nem is a legszerencsésebb próbálkozását idézi emlékezetünkbe.

Ennek az elméletnek sem ismerjük biztos eredetét. A fennmaradt írásművek közül *Albertus Magnus* egyik könyve a legrégibb, amelyben az egyes anyagok közötti vegyülési „hajlamot a köztük lévő rokonsággal igyekszik magyarázni. Azt írja ugyanis: „A kén megfeketíti az ezüstöt és elégeti általában a fémeket természetük rokonsága miatt” [2].

A XIX. század elejéig nagyon hasonló jelenségnek érezték a rokon-élőlények közötti kapcsolatot (hogy csak az egy fajhoz tartozók, vagy legalább is nagyon közeli rokon élőlények keverednek), továbbá a rokon alakú kristályok keveredését, végül pedig a vegyi kapcsolatot. Ilyen értelemben ír például *Lumniczer István* is Pozsonyban 1777-ben kiadott könyvében [13].

Volt olyan felfogás még a XVIII. század második felében is, hogy az affinitás oka az egymást vonzó, egymással „rokon” anyagokban egy közös harmadik anyag jelenléte. *Kopp* szerint [29] (mint *Engels* is említi) ezt a gondolatot tette magáévá *Lavoisier* is.

A vegyrokonság elméletét a XIX. század elején az elektrokémiai megfigyelések döntötték meg véglegesen, a kémiai szaknyelv viszont, amely abban az időben alakult ki, megőrizte ezt az egykori általánosan elterjedt felfogást. A „vegyrokonság” szó a nyelvújítás szava, talán *Irinyi* alkotása, de már *Nyulas Ferenc* is „rokonság”-nak nevezi [19], *Kováts Mihály* a Magyar Chémiában pedig „chémiai atyafiság”-ról beszél [21].


Ez az affinitási elmélet, amely nyilvánvalóan téves alapokon indult el, mégis igen sokat tett a vegyi vonzással kapcsolatos adatok felderítése terén. Abból kiindulva, hogy a rokonság foka egyben a vegyi vonzás erősségének fokozatát is jelzi, szemléletesen értelmezni tudta *vegyi vonzás különböző mértékét* is.

Paracelsus már 1525-ben, metallurgiai kísérletei során megállapította, hogy a higany „amalgámot képez a fémekkel, és teljesen egyesül velük, de gyorsabban az egyikkel, mint a másikkal aszerint, hogy többé vagy kevésbé hasonló a fémhez” [39]. Valószínűleg ő az első, aki e megfigyelések alapján affinitási sorozatot állított össze. *Angelus Sala* 1617-ben a fémek sóinak oldatukból való kicsaphatósága alapján állított fel affinitási sorozatot [39].

Boyle egészen helyesen tudta értelmezni az affinitás különböző fokának hatását a kémiai átalakulásokra. Felismerte, hogy egy vegyület átalakulása csak akkor jöhet létre, ha egy olyan új anyaggal érintkezik, amelynek a vegyület egyik részéhez nagyobb affinitása van, mint amilyent a vegyület eredeti alkotórészei egymásra gyakorolnak [37].

Az affinitás mértékének megállapítása végett, Stahl alkálik és fém-oxidok egymással való reakcióival kísérletezett. Vizsgálatai közben különösen mértékadónak a vizsgált oldatból való kicsapódást (csapadék-képződést) tekintette.

Nagyot lendített az affinitás fokozatainak felismerésében *Stahl* egyik követője, a francia *Geoffroy* által készített affinitási táblázat, amelyet 1718-ban mutatott be a francia akadémiának. Azzal, hogy *Geoffroy* ebben összeállította korának összes kísérleti eredményét az affinitás fokára vonatkozóan, ráirányította a figyelmet erre a problémára.



☿	♂	♂	♂	♂	♂	♂	SM	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
SM	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂

Nihil Fingendum aut excogitandum nisi quod natura ferat aut faciat

Geoffroy affinitási táblája Fürst Mihály disszertációjából (1752).

A táblázat, amely a régi, részben még alkémista eredetű, akkor azonban általánosan ismert és hasznosan használt jeleket tartalmazta, a legfelső vízszintes sorban sorolta fel a legfontosabb anyagokat, (elemeket), ezek alatt pedig fel vannak tüntetve azok az anyagok, amelyek az illető elemmel vegyülésre képesek, mégpedig vegyülőkészségük sorrendjében.

A vegyülés értelmezésében nem tesz különbséget az oldódás, amalgám-képzés és a mai értelemben vett vegyülés között. Így például az akkor elemnek tekintett víz oszlopában ott találjuk a sókat (vagyis minden oldható anyagot) és a borszeszt. A higany oszlopában pedig szerepelnek mindazok a fémek, amelyekkel amalgámot tud az képezni.

Geoffroy-féle affinitási táblázat úgy hozzátartozott a XVIII. század minden kémiai műhelyéhez, mint ma a periódusos rendszer. Hazánk fiai közül először a soproni Fürst Mihály ismertette ezt a táblázatot diszsertációjában [8].

Az eredeti Geoffroy-féle táblázat pár év alatt az újabb, alaposabb vizsgálatok fényében részben javítandónak bizonyult, ezért a század közepén egyre többen javasolták, hogy egyrészt az oszlopokon belül a felsorolt elemek sorrendjét változtassák meg, másrészt pedig újabb oszlopok beiktatását kívánták. A korabeli szerzők legtöbbször *Gellert*-nek a mettallurgiai vizsgálatok tapasztalatai alapján módosított táblázatát ismertetik (pl. 10.)

A tökéletesítés szellemében született az erdélyi *Zágoni* Gábor doktori disszertációja is, ebben ugyanis a szerző az affinitási táblázatot, mint a század egyik legfontosabb felfedezését ismerteti, egyben azonban bizonyos változásokat javasol, többek között a flogisztion beiktatását is szeretné, amint ez a flogisztikus felfogásból logikusan következik is [9].

Az egyre több elem felfedezése egyre bonyolultabbá, áttekinthetlenebbé tette a kezdetben csak 16 oszlopot tartalmazó rendszert. *Bergman* már olyan táblázatot készített, amelynek 50 oszlopa volt. Ez a rendszer két nagy fejezetre tagolódott, ő ugyanis különválasztotta a testeknek azt a rokonságát, amely „nedves úton” (oldatban) mutatkozik meg, attól, ami szárazon észlelhető [17].

A század végén jellegzetes paradox-helyzet alakult ki: minél tökéletesebb volt egy affinitás-táblázat tudományos szempontból, annál gyengébb volt, bonyolultsága miatt, annak praktikus használhatósága. Ezért nem válhattak általánosan használttá *Baumé* (1773) *Guyton de Morveau* (1786), *Kirwan* (1789) táblázatai sem. A tökéletesítés akarata azonban egyre több anyagnak affinitási viszonyait tisztázta. Így *Kirwan* a meszek (fémoxidok) egymáshoz való viszonyát állapította meg. Mindezek a vizsgálatok rendkívüli mértékben segítették a szerves kémia és az analitikai kémia fejlődését.

Az affinitás fogalmát nem változtatta meg, mint említettem is, a Lavoisier-féle kémiai forradalom. Azzal azonban, hogy megváltozott a nézet arra vonatkozóan, hogy mit tartanak elemnek, s mit vegyületnek, meg kellett változnia annak a táblázatnak is, amely a flogisztikus rendszer elemeit tüntette fel: a Geoffroy-féle affinitási táblázatnak is. *Lavoisier* az új felfogásnak megfelelően készített is affinitási táblázatot, szerkezetileg megőrizve a régi mintát. Jeleket azonban már nem használt, az egyes elemeket nevük közlésével jelezte.

ROKONSÁG TÁBLÁJA

Tab. III.

néhány testeknek, melyek a' vizek' bontásában előfordúlnak, azzal a' rendel, mellyel egymást követik.
Lavoisier szerént *).

A' SAVAK' ROKONSÁGA A' BASISORHOZ.

Savak	Gálitzsav	Sáletrom-sav	Tenger-sav	Nádmez-sav	Etzetsav	Szénsav
Nehéz föld	Nehéz föld	Nehéz föld	Nehéz föld	Mész	Nehéz föld	Nehéz föld
Hammusó	Hammusó	Hammusó	Hammusó	Nehéz föld	Hammusó	Mész
Széksó	Széksó	Széksó	Széksó	Magnesia	Széksó	Hammusó
Mész	Mész	Mész	Mész	Hammusó	Mész	Széksó
Magnesia	Magnesia	Magnesia	Magnesia	Széksó	Magnesia	Magnesia
Ammonya	Ammonya	Ammonya	Ammonya	Ammonya	Ammonya	Ammonya
Agyag	Agyag	Agyag	Agyag	Agyag	Agyag	Agyag
Vas	Vas	Vas	Vas	Vas	Magnesium	Vas
Magnesium	Magnesium	Magnesium	Magnesium	Magnesium	Vas	Magnesium
Fekete Ón	Fekete Ón	Fekete Ón	Fekete Ón	Fekete Ón	Fekete Ón	Fekete Ón
Réz	Réz	Réz	Réz	Réz	Réz	Réz
Rosnika	Rosnika	Rosnika	Rosnika	Rosnika	Rosnika	Rosnika
Kénésó	Kénésó	Kénésó	Kénésó	Kénésó	Kénésó	Kénésó
Ezüst	Ezüst	Ezüst	Ezüst	Ezüst	Ezüst	Ezüst
Víz	Víz	Víz	Víz	Víz	Víz	Víz

A' BASISOK' ROKONSÁGA A' SAVAKHOZ.

Basisok	Hammusó	Széksó	Ammonya	Nehéz föld	Mész	Magnesia	Agyag	Vas	Fekete Ón	Réz	Kénésó	Ezüst	Magnesium	Rosnika	Kovats	Víz
Gálitzsav	Gálitz -	Gálitz -	Gálitz -	Nádmez -	Nádmez -	Gálitz -	Nádmez -	Gálitz -	Nádmez -	Tenger -	Nádmez -	Tenger -	Nádmez -	Tenger -	Nádmez -	Hammusó
Sáletrom	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Nádmez -	Gálitz -	Gálitz -	Sáletrom -	Gálitz -	Nádmez -	Tenger -	Nádmez -	Gálitz -	Tenger -	Gálitz -	Gálitz -	Ammonya
Tenger	Tenger -	Tenger -	Tenger -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Tenger -	Tenger -	Gálitz -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Gálitz -	Gálitz -	Gálitz -	Boráng
Nádmez	Nádmez -	Nádmez -	Nádmez -	Tenger -	Tenger -	Tenger -	Nádmez -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Sáletrom -	Tudós
Ezüst	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Ezüst -	Gálitzsav
Széksav	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Széksav -	Tudós

*) Antiphrastische Chemie durch Herrn Germbildt übersetzt. I. Tom. II. 2. Heft.

Lavoisier affinitási táblázata Nyulas Ferenc könyvéből (1800).

Lavoisier affinitási táblázatával nagyon sokfelé találkozunk, így a két legelső magyarul írt kémia-könyv, *Nyulas Ferenc* kémiai analitikája [19] és *Kováts Mihály* Magyar Chémiája is közölte ennek fordítását (utóbbiban: „A' chémie egyes választóatyafiságnak számsze-
reik vagy Lajstromaik” címmel). Később a sok új elem felfedezése egyre bővítette az affinitási sorokat, míg végül a *Mengyelejev* által megalkotott periódusos rendszer vette át az affinitási táblázat szerepét is.

A vegyi vonzás relatív fokának megállapítása mellett sok próbálkozással találkozunk arra vonatkozóan, hogy az *affinitás abszolút értékét* is meghatározzák.

Kirwan azt a számadatot tartotta jellegzetesnek, amely mennyiség 100 g anyag telítéséhez szükséges sósavból, kénsavból, vagy salétromsavból. A Kirwan-féle számokat Magyarországon is használták, így *Pánkl Mátyás* pozsonyi tanár előadásairól *Csegezi Csongvai Sámuel* által készített jegyzetben [22], meg a hazánkban eléggé elterjedt *Jaquin*-féle kémia tankönyvben e számok ismertetésével és használatával találkozunk.

Az úgynevezett *egyszerű affinitást*, vagy választórokonságot, (*Wahlverwandschaft*), amikor egy anyagnak kétféle anyag között kell választania, hogy melyikkel vegyüljön, *Bergman* módszerével, *Kirwan* számaival *Jaquin* említett tankönyvében így fejezte ki:

		Salétrom	
		Salétromsav	Hamuzsír
Mész- salétrom		215	
	96		
	Mész		215 > 96

Ebből a skémából azt lehet kiolvasni, hogy kálisalétrom fog keletkezni, minthogy a hamuzsírnak és a salétromsavnak nagyobb az affinitást jelző számértéke, mint a mésznek és a salétromsavnak.

Még jobban megkönnyítették ezek a számok a *kettős választórokonság* (affinitás duplex), vagyis a ma cserebomlásnak nevezett reakció végtermékeinek megállapítását. Például:

		Kocka-salétrom		
		Szóda	Salétromsav	
Konyhasó		165		
	158			375
	Sósav	Ezüst		
		420		
		Szaruérc		
		165 + 420 > 158 + 375		

A Kirwan-számok ebben az esetben is bizonyítják, hogy nem konyhasó és ezüstnitrát, hanem nátriumnitrát (kockasalétrom) és ezüstklorid (szaruérc) lesz a végeredmény.

A XIX. századforduló körül az irodalomban másféle, hasonló módomban megalkotott számok is voltak használatosak, így a pesti egyetemen *Schuster* János is egy ilyen másfajta rendszert követett [25].

Mindezeknek a próbálkozásoknak kudarca bebizonyította, hogy ilyenfajta úton nem lehet olyan számadatokhoz jutni, amelyek minden körülmények között helytálló eredményt adnának. Így a XIX. század közepétől kezdve az affinitás-számokkal már senki sem dolgozott.

6. Tömeghatás

A vegyi vonzásról szóló nézeteket új alapra igyekezett a XIX. század elején fektetni *Berthollet* azzal, hogy a reakció kimenetelét nem az egymásra ható anyagok különböző fokú affinitására, hanem a reakcióban részvevő anyagok mennyiségére vezette vissza. „Egy anyag kémiai hatása — mondotta — arányos tömegével” [20]. Ő állapította meg azt, amit teljes egészében csak a tömeghatás törvényének felfedezése igazolt, hogy a reakciók sohasem mennek egészen végbe.

Berthollet elméletének nem volt különösen nagy hatása, minthogy nem adta meg annak magyarázatát, miért történik meg az egyik fajta reakció, s miért nem játszódik le a másik. Amit *Berthollet* állított, mint bebizonyosodott, részét képezte a teljes igazságnak, azonban helytelen volt ezt a részesigazságot általánosítva a kémiai reakciók egyetlen mozgató erejének hinni.

7. Elektrosztatikus vonzás

Az affinitás, vagyis a vegyrokonság elméletének természetes ellenhatásaként már kezdetben találunk olyan megállapításokat, hogy a vegyülés nem az egymáshoz hasonló, hanem éppen ellenkezőleg a különböző jellemű elemek, vegyületek között játszódik le. Alkémista iratokban gyakran találunk olyan kitételeket, amelyek a vegyülést az ellentétes nemek kapcsolódásához hasonlítja. Így szokás volt a higanyt a férfias, a kén a nőies principiumnak mondani [40]. Ez a felfogás általánossá csak a XIX. század elején vált, de *Irinyi* János még 1847-ben is szükségesnek tartja leszögezni, hogy a vegyrokonság „nem egyezik meg azzal, amit rendszeren szoktunk rokonság alatt érteni..., annál nagyobb vonzalommal vegyülnek a testek, minél különbözőbbek tulajdonaik” [26].

A vegyrokonság elméletének megdöntését azok a kísérletek végezték el, amelyeket a XVIII. század végén, s a következő század elején leydeni palackkal, majd Volta-féle oszloppal a kémia területén végeztek, s amelyek arra a következtetésre vezették a kutatókat, hogy a vegyi vonzás nagyon hasonló ahhoz a vonzáshoz, amelyet a pozitív és a negatív elektromos töltéssel ellátott testek egymásra gyakorolnak.

Hazai vonatkozása miatt feltétlenül érdemes megemlítenünk, hogy a legelső között, vagy valószínűleg éppen a legelsőnek a pesti egyetem első kémia-professzora, *Winterl* Jakab látta meg a vegyi jellem és az elektromosság közötti kapcsolatot, s ő alkotta meg az első minden részé-

ben következetesen a két ellentétes erő felismerésére alapított, tehát *diualisztikus rendszerét*. Ez a rendszer általánosan elfogadottá nem vált, minthogy a zseniális meglátások erősen keveredtek a helytelen állításokkal [18].

Davy (1807) és *Schweigger* (1812) próbálkozásai után *Berzelius* alkothatott olyan rendszert (1818), amely már időállónak bizonyult. Érdemes felidéznünk *Berzelius* néhány akkori megállapítását. „Mindazt, ami az ún. választórokonság hatásának tűnik, csak az egyik testben erősebben, a másik testben gyengébben jelenlevő elektromos sarkítottság okozza” „Minden kémiai vegyülés egyes egyedül csak két egymással ellentétes erőtől a $+$ és $-$ elektromosságtól függ és minden vegyületnek két, az elektrokémiai reakció hatására egyesült részből kell összetéve lennie, minthogy harmadik erő nincs” [23, 24, 36].

Eszerint a felfogás szerint a bázisokat például mint a pozitív fémből és negatív oxigénből, a sókat pedig mint az elektronegatív savból és elektropozitív bázisból alkotott vegyületeket értelmezték. A dualisztikus felfogás igen sok helyes megállapítást tartalmazott, de a végletekbe vitt dualizmus többeket helytelen következtetésre vezetett. A román ismeretterjesztés nagy úttörője, Baras például így gondolja: „Van egy kémiai törvény, hogy sohasem vegyül egy elem egy összetett testtel, hanem az elem mindig elemmel és a vegyület mindig vegyülettel vegyül” [27].

Ez az elmélet akadályozta sokáig *Dumas*nak a szerves vegyületekkel végzett szubsztitúciós kísérleteinek helyes értelmezését. Végül kiderült, hogy a *Berzelius* által felfedezett jelenség is csak egy részét jelenti a vegyi vonzás teljes magyarázatának. Minthogy azonban, különösen a szerves vegytan sok helyén jól használható, az alsóbbfokú oktatásban még ma is alapját képezi az affinitás fogalmának megalkotásának.

8. Maximális reakcióhő

A XIX. század második felében, rengeteg precíz termokémiai vizsgálat eredményére támaszkodva *Berthelot* kimondotta, hogy „minden önként lefolyó kémiai reakció mindig azon testrendszer létesítésére törekszik, mely a legnagyobb hőfejlesztéssel jár”. (Than Károly fordítása [35].)

A kísérleti eredmények az esetek legnagyobb részében igazolták is ezt a felfogást, azonban nem volt kivétel nélkül minden esetben érvényes, így pl. a megfordítható reakciók esetében. Rendkívül nagy érdeme ennek az elméletnek, hogy a reakciók lefolyása közben lejátszódó energia-átalakulásokra ráirányította a figyelmét. Általánosan elfogadottá, hiányosságai miatt *Berthelot* felfogása nem vált, de hosszú ideig nem is volt helyette olyan elmélet, amely az akkori kísérleti adatokkal mindenben egyezően tudta volna a kérdést értelmezni.

Emiatt a XIX. század végén szinte teljes zűrzavar volt ezen a téren. Rendkívül érdekes az az összeállítás, amelyet *Pinerua* santiago-i professzor 1893-ban végzett. Kora legkiválóbb kémikusait kérdezte meg

a kémia legfontosabb kérdéseiről, így elsősorban az affinitásra vonatkozóan. A sok, egymásnak ellentmondó vélemény több-kevesebb részét tartalmazta az igazságnak, megállapították azonban, hogy az affinitás mértékének pontos meghatározhatóságához közel járnak, azonban magának az affinitásnak „természete tekintetében semmit sem tudnak és éppen ezért arról mit sem mondhatunk” [34, 35].

9. Maximális munka

Ostwald, van' Hoff s nem utolsósorban a magyar Than Károlynak köszönhetjük azt, hogy az affinitás elmélete kijutott a múlt század végén uralkodó bizonytalanságból. Megállapították, hogy a kémiai folyamatok olyan irányban mennek önként végbe, amelyben munkát termelnek. A kémiai affinitás mértéke pedig az a maximális munka, amelyet a kémiai folyamat termel, ha állandó hőmérsékleten reverzibilisen megy végbe [42].

Így most már a kísérleti eredményekkel teljes mértékben egybehangzó módon értelmezni tudjuk, a reakció lefolyásának irányát. Azt is látjuk, hol tévedtek azok, akik ezelőtt próbálkoztak a vegyi vonzás különböző magyarázataival. Nem vették figyelembe ugyanis azt, hogy a természetnek egyetlen jelensége sem szakítható ki, s nem vizsgálható a minden irányú összefüggések tisztázása nélkül. A vegyi vonzás nem az anyagok veleszületett sajátsága, hanem nagy mértékben függ a reakció körülményeitől, a reakciókban résztvevő anyagok állapotától, vagyis hőmérsékletétől, nyomásától, koncentrációjától stb. Látjuk egyben azt is, hogy szinte minden eddigi magyarázat tartalmazott egy-egy részt a teljes igazságból.

10. Atomszerkezeti magyarázatok

A vegyi vonzás mértékét az előbb említett elmélet tisztázta, azonban a vegyi vonzás okát megadni nem tudta. Azok a vizsgálatok, amelyek az atomok szerkezete és az atomok kapcsolódása közötti kapcsolatok tisztázására irányultak, már sokkal többet tudtak nyújtani. Megállapították, hogy a vegyi kötés az elektronok átrendeződése folytán jön létre, az elektronok vizsgálata tehát a kémiai jelleg, egyben az elemek kémiai vonzása megismerését is szolgálhatja. Az így kapott eredmények ismertetése messze túlnyúlna egy tudománytörténeti jellegű tanulmány keretéből, csak annyit érdemes leszögeznünk, hogy ezek a kutatások egyre jobban megközelítik a vegyi vonzás évezredek óta keresett problémájának megoldását.

Hosszú és nehéz volt az az út, amely elvezette a kémia tudományát a vegyi vonzás magyarázatának mai fejlettségi magaslatára. Kénytelenek vagyunk hibásaknak, hiányosaknak tekinteni az elmúlt idők, de helyenként még a közelmúlt felfogását is a vegyi vonzás magyarázatára vonatkozóan. Ennek ellenére végtelen nagy hálával és kegyelettel kell gondolnunk mindazokra, akik az emberi gondolkodás évezredek alatt lépésről-lépésre vitték előbbre a kémia tudományt ennek, a szinte legfontosabb problémának megválaszolásában.

IRODALOM:

- [1] *Lucretius Carus*: A dolgok természetéről. Ford. Kis Géza. Bukarest, 1957.
- [2] *Albertus Magnus*: De rebus metallicis et mineralibus libri V.
- [3] *Paracelsus, Theophr.*: Arcana Divina. Schaffhausen, 1555.
- [4] *Poppius, Johannes*: Hodogeticus chymicus oder Wegweiser zu Chymischen Medizin. Leipzig, 1627.
- [5] *van Helmont (Eromitan Suburbanum)*: Kurtze Vorstellung der zur edlen Chymie gehörige Wissenschaft. É. n.
- [6] *Geoffroy, aine*: Table des différents rapports observés en chimie entre différentes substances. Mém. de l'Ac. 1718. 202.
- [7] *Reviczky, Antonius*: Elementa philosophiae naturalis. Tyrnaviae, 1758.
- [8] *Fürst, Joannes Michael*: Compendium chimico-medicum. Viennae, 1752.
- [9] *Zágoni, Gabriel*: Diss. inaug. med. de inventis hujus saeculi in arte salutari novis. Traiecti ad Rhenum, 1764.
- [10] *Spielmann, Jac. Reinbold*: Institutiones Chemiae. Argentorati, 1766.
- [11] *Bergman*: De attractionibus electivis. Nov. Act. Upsal. II. 159.
- [12] *Horváth, Joh. Bapt.*: Physica generalis. Tyrnaviae, 1776.
- [13] *Lumniczer, Stephanus*: De rerum naturalium adfinitatibus. Posonii, 1777.
- [14] *Andrási—Lányi—Ötvös—Majer*: Posotiones ex physica generalis. Claudiopoli. 1783.
- [15] *Kirwan Richard*: Physisch—chemische Schriften. Berlin u. Stettin, 1785.
- [16] *Pankl, Matthaeus*: Compendium institutorum physicarum. Budae, 1797.
- [17] *Jaquin, Joseph Franz*: Lehrbuch der allgemeinen und medizinischen Chymie. Wien, 1798.
- [18] *Winterl, Jakob Joseph*: Prolusiones ad chemiam sacculi decimi noni. Budae, 1800.
- [19] *Nyulas Ferentz*: Az Erdély országi orvos vizeknek bontásáról. Kolosvárott, 1800.
- [20] *Berthollet, Claude Louis*: Recherches sur les lois de l'affinité. Paris, 1801. (V. ö. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 74., Leipzig, 1896.)
- [21] *Kováts Mihály*: Chémia vagy természettitka. Buda, 1807.
- [22] *Pankl*: Notitia ad supplementum cursus chymici. Scripta per Samuelem. Csongvai de Csegez. 1809 (Kézirat a kolozsvári volt unit. koll. könyvtárában 213. sz.)
- [23] *Berzelius*: Lärbok i Kimien. Stockholm, 1818.
- [24] *Berzelius*: Essai sur la cause des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité. Paris, 1819.
- [25] *Schuster*: Chemia theor. et pract. É. n. (Kézirat a TIT Könyvtárában, 1989. sz.)
- [26] *Irinnyi János*: A vegytan elemei. Nagyvárad (1847.)
- [27] *Baraschu Julius*: Minunele naturei. Bucuresti, 1852.
- [28] *Hoefler, Ferdinand*: Histoire de la chimie. Paris, 1866.
- [29] *Kopp, Hermann*: Die Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit. München, 1873.
- [30] Tudományos mozgalmak hazánkban. Term. tud. Közl. 1877. 245. 46.
- [31] *Berthelot, Marcellin*: Mécanique chimique fondée sur la thermochimie. Paris, 1879.
- [32] *Than Károly*: Vegyereiytani vizsgaiatok. Ertekezések a term. tud. köréből. XI. köt. 4. és 23. szám, 1881.
- [33] *Földvály Vilmos*: Újabb elméletek az affinitásról, különös tekintettel a szerves vegyületekre. Term. tud. Közl. 1893. 152—161.
- [34] *Pruera y Alvarez, Eugenio*: Los grandes problemas de la quimica contemporanea, y de la filosofia natural. Santiago, 1893.
- [35] *Than Károly*: A chemiai affinitásról. Term. tud. Közl. Pótf. 1894. 1—22.
- [36] *Söderbaum, H. G.*: Berzelius'Werden und Wachsen. Leipzig, 1899.
- [37] *Herz, W.*: Grundzüge der Geschichte der Chemie. Stuttgart, 1916.
- [38] *Ephraim, Fritz*: Zur Kenntniss der chemischen Affinität. Die Naturwiss. 1919. 49.
- [39] *Walden, Paul*: Geschichte der Chemie, 1950.
- [40] *Lockemann, Georg*: Geschichte der Chemie, Berlin, 1950.
- [41] *Kudrjavcev, P. Sz.*: A fizika története. Budapest, 1951.
- [42] *Erdey—Grúz Tibor*: A fizikai kémia alapjai. Budapest, 1958.